



Docket No.: K5675.0034/P034  
(PATENT)

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Patent Application of:  
Jong W. Kim et al.

Application No.: 10/782,778

Confirmation No.: Not Yet Assigned

Filed: February 23, 2004

Art Unit: Not Yet Assigned

For: MASS PRODUCTION METHOD FOR  
THREE-DIMENSIONAL MICRO  
STRUCTURE HAVING HIGH ASPECT  
RATIO

Examiner: Not Yet Assigned

**CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENTS**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following  
prior foreign application filed in the following foreign country on the date indicated:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Date</u>
Korea	10-2003-0078423	November 6, 2003

Application No.: 10/782,778

Docket No.: K5675.0034/P034

In support of this claim, a certified copy of the said original foreign application is filed herewith.

Dated: March 23, 2004

Respectfully submitted,

By 

Thomas J. D'Amico

Registration No.: 28,371

DICKSTEIN SHAPIRO MORIN &  
OSHINSKY LLP

2101 L Street NW

Washington, DC 20037-1526

(202) 785-9700

Attorney for Applicant



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0078423  
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 11월 06일  
Date of Application NOV 06, 2003

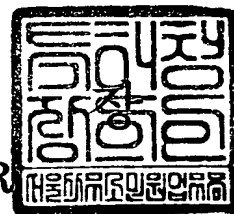
출원인 : 재단법인서울대학교산학협력재단  
Applicant(s) Seoul National University Industry Foundation



2004 년 02 월 26 일

특 허 청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

【서류명】	서지사항 보정서
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2004.02.13
【제출인】	
【명칭】	재단법인 서울대학교산학협력재단
【출원인코드】	2-2003-007067-6
【사건과의 관계】	출원인
【대리인】	
【성명】	김영철
【대리인코드】	9-1998-000040-3
【포괄위임등록번호】	2003-018816-5
【대리인】	
【성명】	김순영
【대리인코드】	9-1998-000131-1
【포괄위임등록번호】	2003-018817-2
【대리인】	
【성명】	이준서
【대리인코드】	9-1998-000463-0
【포괄위임등록번호】	2003-018818-0
【사건의 표시】	
【출원번호】	10-2003-0078423
【출원일자】	2003.11.06
【심사청구일자】	2003.11.06
【발명의 명칭】	고종횡비 3차원 마이크로 부품의 대량 생산 방법
【제출원인】	
【접수번호】	1-1-2003-0419689-37
【접수일자】	2003.11.06
【보정할 서류】	특허출원서
【보정할 사항】	
【보정대상항목】	발명자
【보정방법】	정정

**【보정내용】****【발명자】****【성명】** 김종원**【출원인코드】** 4-1998-028698-9**【발명자】****【성명】** 김현세**【출원인코드】** 4-2000-026090-0**【발명자】****【성명】** 권기백**【출원인코드】** 4-2002-039502-5**【발명자】****【성명의 국문표기】** 서태원**【성명의 영문표기】** SE0, Tae Won**【주민등록번호】** 801223-1113515**【우편번호】** 656-800**【주소】** 경상남도 거제시 신현읍 고현리 삼성하이츠  
110-106**【국적】** KR**【발명자】****【성명의 국문표기】** 윤찬**【성명의 영문표기】** Y00N, Chan**【주민등록번호】** 770124-1066729**【우편번호】** 137-062**【주소】** 서울특별시 서초구 방배2동 457-14**【국적】** KR**【취지】**특허법시행규칙 제13조·실용신안법시행규칙 제8조의 규  
정에 의하여 위와 같 이 제출합니다. 대리인

김영철 (인) 대리인

김순영 (인) 대리인

이준서 (인)

**【수수료】****【보정료】** 0 원**【기타 수수료】** 0 원**【합계】** 0 원

## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2003.11.06
【발명의 명칭】	고종횡비 3차원 마이크로 부품의 대량 생산 방법
【발명의 영문명칭】	Mass Production Method for Three-Dimensional Micro Structure having High Aspect Ratio
【출원인】	
【명칭】	재단법인 서울대학교산학협력재단
【출원인코드】	2-2003-007067-6
【대리인】	
【성명】	김영철
【대리인코드】	9-1998-000040-3
【포괄위임등록번호】	2003-018816-5
【대리인】	
【성명】	김순영
【대리인코드】	9-1998-000131-1
【포괄위임등록번호】	2003-018817-2
【대리인】	
【성명】	이준서
【대리인코드】	9-1998-000463-0
【포괄위임등록번호】	2003-018818-0
【발명자】	
【성명】	김종원
【출원인코드】	4-1998-028698-9
【발명자】	
【성명】	김현세
【출원인코드】	4-2000-026090-0
【발명자】	
【성명】	권기백
【출원인코드】	4-2002-039502-5

## 【발명자】

【성명의 국문표기】

서태원

【성명의 영문표기】

SEO, Tae Won

【주민등록번호】

801223-1113515

【우편번호】

656-800

【주소】

경상남도 거제시 신현읍 고현리 삼성하이츠 110-106

【국적】

KR

## 【심사청구】

청구

## 【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인

김영철 (인) 대리인

김순영 (인) 대리인

이준서 (인)

## 【수수료】

【기본출원료】

20 면 29,000 원

【가산출원료】

21 면 21,000 원

【우선권주장료】

0 건 0 원

【심사청구료】

9 항 397,000 원

【합계】

447,000 원

【감면사유】

공공연구기관

【감면후 수수료】

223,500 원

## 【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)\_1통 2. 공공연구기관임을 증명하는 서류  
\_1통

## 【요약서】

## 【요약】

본 발명은 금속 재질의 고종횡비를 갖는 3차원 형상의 마이크로 부품을 대량 생산할 수 있는 방법에 관한 것이다.

본 발명에서는, 제작하고자하는 마이크로 구조물을  $n$ 개의 레이어로 분할하는 단계(S1), 임의의 양의 정수 상수  $k$ 를 0으로 세팅하는 단계(S2),  $k$ 에 1을 더하여 새로운  $k$ 값으로 저장하는 단계(S3), 기판에 시드 레이어를 형성하는 단계(S4), 시드 레이어 위에 감광재료를 소정의 두께로 코팅하는 단계(S5), 패터닝을 통해 감광재료 코팅에 금속 레이어용 공간을 형성하는 단계(S6), 도금으로 금속 레이어를 형성하는 단계(S7), 금속 레이어와 감광재료 코팅면을 연마하는 단계(S8),  $k$ 번째 금속 레이어와  $k+1$ 번째 금속 레이어의 폭이 다르거나 배치된 위치가 다른지 확인하는 단계(S9), 상기 단계(S9)에서  $k$ 번째 금속 레이어와  $k+1$ 번째 금속 레이어의 폭이 일정하지 않거나 배치된 위치가 다른 경우, 연마된 면 위에 중간 시드 레이어를 전기도금으로 형성하는 단계(S13), 연마된 면 위에 감광재료를 코팅하는 단계(S10),  $k$ 가  $n$ 과 같은지 확인하여,  $k$ 가  $n$ 과 같지 않은 경우 상기 단계(S3)로 되돌아가 그 이하의 단계들을 반복 수행하는 단계(S11),  $k$ 가  $n$ 과 같은 경우 기판, 감광재료 및 시드 레이어를 식각하여 제거하여 원하는 마이크로 부품의 제작을 완료하는 단계(S12)를 포함하는 고종횡비 3차원 마이크로 부품의 대량 생산 방법이 제공된다.

본 발명에 의하면, 종래에 MEMS나, LIGA 기술에서 해내지 못한 금속 재료를 이용한 고종횡비 3차원 마이크로 부품의 제작이 가능하다. 특히, 복잡한 형상의 마이크로 부품이라도, 레이어별로 분할하고 각 레이어별로 적층하는 방식으로 제작함으로써, 어떠한 형상이라도 본 발명에 따른 방법에 의해서 제작이 가능하다.



1020030078423

출력 일자: 2004/2/27

【대표도】

도 41

【색인어】

종횡비, 마이크로 부품, 도금, 감광재료, 증착, 연마

**【명세서】****【발명의 명칭】**

고종횡비 3차원 마이크로 부품의 대량 생산 방법 {Mass Production Method for Three-Dimensional Micro Structure having High Aspect Ratio}

**【도면의 간단한 설명】**

도 1은 마이크로 채널의 부분 사시도.

도 2는 본 발명에 따라 마이크로 채널을 제작하기 위하여 실리콘 기판에 시드 레이어를 형성하는 단계를 설명하는 도면.

도 3은 도 2에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 4는 도 3에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 5는 도 4에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 6은 도 5에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 7은 도 6에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 8은 도 7에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 9는 도 8에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 10은 도 9에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 11은 도 10에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 12는 도 11에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 13은 도 12에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 14는 도 13에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 15는 도 1 내지 도 14에서 설명된 공정에 따라 제작된 마이크로 채널의 부분 사시도.

도 16은 본 발명의 다른 실시예에 따라 중간 시드 레이어를 형성하는 공정을 설명하는 도면.

도 17은 도 16에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 18은 도 17에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 19는 도 18에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 20은 도 19에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 21은 도 20에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 22는 도 21에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 23은 도 22에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 24는 도 23에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 25는 도 24에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 26은 도 16 내지 도 25에서 설명된 공정에 따라 제작된 복잡한 형상의 마이크로 부품의 단면도.

도 27은 본 발명의 또 다른 실시예에 따라 소정의 경사가 형성된 패턴을 형성하는 공정을 설명하는 도면.

도 28은 도 27에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 29는 도 28에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 30은 도 29에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 31은 도 30에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 32는 도 31에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 33은 도 32에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 34는 도 33에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 35는 도 34에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 36은 도 25에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 37은 도 36에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 38은 도 37에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 39는 도 38에서 설명된 공정에 후속하는 공정을 설명하는 도면.

도 40은 도 27 내지 도 39에서 설명된 공정에 따라 제작된 경사가 측면에 형성된 마이크로 부품의 단면도.

도 41은 본 발명에 따른 고종횡비 3차원 마이크로 부품의 대량 생산 방법을 설명하는 순서도.

#### <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

1: 실리콘 기판

2: 시드 레이어

3, 6, 9, 11, 15, 18, 20: 감광재료 코팅 레이어

5, 8, 10, 12, 14, 17, 19, 21, 22: 금속 레이어

13: 마이크로 채널

26: 마이크로 부품

27, 28, 29: 중간 시드 레이어

40: 마스크

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<51> 본 발명은 3차원 마이크로 부품을 대량으로 생산할 수 있는 방법에 관한 것으로서, 구체적으로는 금속 재질의 고종횡비를 갖는 3차원 마이크로 부품을 대량 생산할 수 있는 방법에 관한 것이다.

<52> 통상적으로, 마이크로 부품의 대량 생산은 실리콘을 기반으로 하는 MEMS(Micro ElectroMechanical System) 공정에 의해 이루어졌다. MEMS 공정은 기본적으로 실리콘 단결정을 사용하여, 여기에 건식 식각(dry etching), 습식 식각(wet etching), 포토리소그래피(photolithography), 스퍼터링(sputtering), 도금(plating) 등의 공정을 반복 수행하여 표면 마이크로 부품을 대량으로 제작한다. 그러나, MEMS 기술은 기본적으로 적용할 수 있는 재료가 실리콘으로 한정되는 한계를 가지고 있다.

<53> 한편, LIGA(Lithographie Galvanofomung Abformung) 공정은, 식각 및 도금 공정을 통해 얻은 마이크로 몰드(mold)를 이용하는 사출 공정으로 마이크로 부품을 대량 생산하는 방법이다. LIGA 공정의 경우, 적용할 수 있는 재료는 실리콘, 세라믹, 폴리머, 금속 합금 등으로 보다



다양해지지만, 소정의 경사가 형성된 부품이나 상부가 하부보다 단면적이 넓은 부품의 경우에는 제작에는 적용할 수 없다. 또한, 아래에 구체적으로 설명하는 것과 같이, 3차원 형상의 고종횡비(High Aspect Ratio: HAR) 마이크로 부품을 형성하는 방법으로는 적합하지 않다.

<54> 즉, MEMS 공정을 사용할 경우, 종횡비(aspect ratio)가 최대 30:1인 마이크로 부품까지만 가공이 가능하고, LIGA 공정의 경우, 종횡비가 최대 50:1인 마이크로 부품까지만 가공이 가능한 한계가 있다.

<55> 한편, 다양한 마이크로 장치들이 제작됨에 따라, 강도, 열전달 특성 등의 특정 물성이 뛰어난 재료를 사용할 필요가 있는 경우가 증가하고 있다. 특히 마이크로 냉각기의 경우, 열전달이 활발히 일어나야 하는 응축기나 증발기의 재질로써 종래에 많이 사용하던 실리콘으로는 한계가 있어왔다. 이에 열전달 특성이 우수한 금속 재료를 사용하는 3차원형상의 고종횡비를 가지는 마이크로 부품의 대량 생산 방법을 개발할 필요성이 대두되었다.

#### 【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<56> 본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위하여 개발된 것으로서, 본 발명의 목적은 대량 생산에 적합하고, 금속 재료를 사용하여 임의의 3차원 형상의 제작할 수 있는 고종횡비 3차원 마이크로 부품의 대량 생산 방법을 제공하는 데 있다.

#### 【발명의 구성 및 작용】

<57> 상기와 같은 본 발명의 목적은, 제작하고자 하는 3차원 형상의 마이크로 부품을 소정 개수의 레이어로 가상적으로 분할하는 단계(a), 기판에 시드 레이어를 형성하는 단계(b), 상기 시드 레이어 위에 감광재료를 소정의 두께로 코팅하여 감광재료 코팅 레이어를 형성하는 단계

(c), 패터닝을 통해, 상기 단계(a)에서 분할된 마이크로 부품의 레이어 형상에 해당하는 도금용 공간을 상기 감광재료 코팅 레이어에 형성하는 단계(d), 상기 도금용 공간에 전기도금을 통해 금속을 채워서 금속 레이어를 형성하는 단계(e), 상기 금속 레이어와 상기 감광재료 코팅 레이어의 상면을 평평하게 연마하는 단계(f), 상기 단계(f)에서 평평하게 연마된 면 위에 감광 재료를 소정의 두께로 코팅하여 감광재료 코팅 레이어를 다시 형성하는 단계(h), 상기 단계(a)에서 분할된 레이어별로 상기 단계(d) 내지 상기 단계(h)를 반복하여 분할된 레이어에 대응하는 금속 레이어를 적층하면서 형성하는 단계(i) 및 상기 단계(i)가 종료된 후, 기판, 감광재료 코팅 및 시드 레이어를 식각하여 제거하여 마이크로 부품을 얻는 단계(j)를 포함하는 것을 특징으로 하는 고종횡비 3차원 마이크로 부품의 대량 생산 방법을 제공함으로써 달성된다.

<58> 여기서, 상기 단계(f) 및 상기 단계(h) 사이에는, 감광재료 코팅 레이어가 다시 형성되기 전에, 평평하게 연마된 면 위에 상기 금속 레이어와 동일한 재료로 만들어지는 얇은 두께의 중간 시드 레이어를 형성하는 단계(g)를 더 포함되어야 하는 경우가 있다.

<59> 여기서, 상기 단계(a)는 마이크로 부품을 수평으로 분할하는 것이 바람직하다.

<60> 여기서, 상기 단계(b)의 상기 기판은 실리콘 단결정으로 만들어지고, 상기 시드 레이어는 전도성을 가지는 재료로 이루어지며, 상기 시드 레이어는 스퍼터링, 화학기상증착 및 이베퍼레이션의 방법 중의 한 가지 방법에 의해 상기 기판 상에 형성되는 것이 바람직하다.

<61> 여기서, 상기 단계(c) 및 단계(f)의 상기 감광재료 코팅 레이어는 점성이 큰 감광재료를 사용하고 두께를 200 내지 300 $\mu\text{m}$ 로 형성하는 것이 바람직하다.

<62> 여기서, 상기 단계(d)는 상기 자외선 계열의 광원, X선 계열의 광원 및 레이저 중의 어느 한 가지 광원을 사용하는 것이 바람직하다.

- <63> 여기서, 상기 단계(d)는 패터닝 과정에서 노광에너지의 양을 조절하여 마스크에 의해 빛이 비춰지지 않는 감광재료 부분과 노광되는 감광재료 부분의 경계지역에 소정의 경사를 가지면서 노광되도록 하고, 그럼으로써 감광재료 코팅 레이어 상에 형성되는 패턴의 측벽면에 소정의 경사가 형성되도록 하는 것이 바람직하다.
- <64> 여기서, 상기 단계(f)는 래핑 또는 CMP에 의해 이루어지는 것이 바람직하다.
- <65> 여기서, 상기 단계(i)는, 반복 수행하는 과정 중, 차례로 적층되는 금속 레이어별로 서로 다른 금속 재료를 사용하여 상기 단계(e)의 도금 공정을 수행하는 것이 바람직하다.
- <66> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명한다.
- <67> 도 1에는 마이크로 채널의 부분 사시도가 도시되어 있다.
- <68> 먼저, 도 1에 도시된 마이크로 채널을 제작하는 공정에 본 발명에 따른 방법을 적용함으로써, 본 발명의 특징을 설명하도록 한다.
- <69> 도 2 내지 도 14에는 도 1에 도시된 마이크로 채널을 본 발명에 따라 제작하는 공정을 순차적으로 설명하는 도면이 도시되어 있다. 도 9 내지 도 13에 도시된 점선은 이전에 형성된 도금층과 해당 공정에서 형성된 도금층을 구별하기 위해 그려진 가상의 선이다.
- <70> 먼저, 도 1에 점선으로 도시된 것과 같이, 마이크로 채널(13)을 수평면에 평행하게 적절 한 개수의 레이어로 가상으로 분할한다. 분할할 때에는 각각의 레이어들이 두께가 약 100 내지 300 $\mu\text{m}$ 의 두께에서 선택되는 두께를 가지도록 분할하고, 각 레이어가 반드시 동일한 두께를 가질 필요는 없다.



- <71> 실리콘 기판(1)에 시드 레이어(2)를 형성한다(도 2). 상기 시드 레이어는 전도체인 금속으로 이루어지며, 스퍼터링(sputtering), 화학기상증착(Cheical Vapor Deposition: CVD) 또는 이베퍼레이션(evaporation)에 의해 상기 실리콘 기판 상에 형성된다. 상기 시드 레이어(2)는 후에 추가로 설명될 금속 레이어나 중간 시드 레이어와는 다른 금속 재료로 만들어지는 것이 바람직하다.
- <72> 그 다음으로는, 상기 시드 레이어(2) 위에 감광재료를 소정의 두께로 코팅하여 감광재료 코팅 레이어(3)를 형성한다(도 3). 여기서 말하는 소정의 두께는, 제작 목표가 되는 마이크로 채널을 분할할 때 결정한 두께에 대응하는 두께를 말한다. 코팅 작업은 스핀 코터(spin coater)에 의해 이루어질 수 있으며, 상기 감광재료로는 점성이 큰 마이크로캠(Microchem)사의 SU-8 계열의 포토레지스트(PhotoResist: PR)를 사용하는 것이 바람직하다. 상기 SU-8 계열의 포토레지스트는 후막(厚膜)형의 포토레지스트로 널리 사용되고 있는 제품이다.
- <73> 그 다음으로는, 패터닝(patterning)을 통해, 도 1에서 분할된 마이크로 채널(13)의 레이어들 중에 상단부의 레이어(31)에 해당하는 형상으로 상기 감광재료 코팅 레이어(3)에 공간(4)을 형성한다(도 4). 앞서 언급한 SU-8을 사용하는 경우, 네거티브 형태의 포토레지스트이기 때문에, 빛을 받은 부분이 남게된다. 또한, SU-8은 자외선 계열의 광원에 대해 높은 투광도를 보이기 때문에 X선이나 엑시머 레이저 등의 고가의 장비를 사용하지 않아도, 200 내지 300 $\mu$ m 정도 두께의 감광재료를 원하는 깊이까지 감광시킬 수 있다.
- <74> 그 다음으로는, 패터닝 공정을 통해 감광재료에 형성된 공간(4)에 도금(plating)을 통해 금속 레이어(5)를 형성한다(도 5). 상기 시드 레이어(2)에는 전기가 통하고 상기 감광재료 코팅 레이어(3)에는 전기가 통하지 않기 때문에, 도금은 상기 감광재료가 제거된 공간(4) 부분에만 이루어지게된다. 도금은 도금조(plating bath)를 이용하며, 마이크로 부품을 형성하는 고

정밀도가 요구되는 공정이므로, 표면의 이물질이나 서브 마이크론 사이즈의 공기방울에 의해서 도금이 고르지 못하게 되는 핏팅(pitting) 현상이 발생하지 않도록, 핏팅 방지제(antipitting agent)를 도금조에 첨가하여 공정을 수행한다. 상기 도금 공정에서 도금되는 금속의 종류는 제한되지 않으며, 제작되는 마이크로 부품의 용도에 맞춰 다양한 물성을 지닌 다양한 금속들이 경우에 따라 사용될 수 있다.

<75> 그 다음으로는, 상기 도금 공정에서 형성된 금속 레이어(5)에서, 도 5에 도시된 것과 같이, 도금이 이루어져 상기 감광재료 코팅 레이어(3)보다 높게 돌출된 부분을 연마하여 평평하게 한다(도 6). 연마는 래핑(lapping)이나 CMP (Chemical Mechanical Polishing)에 의해 이루어진다. 래핑은 한번에 많은 양을 깎아내지만 표면에 스크래치를 남기고, CMP는 한번에 많은 양은 깎아내지 못하지만 표면의 조도를 향상시켜 표면에 발생한 스크래치를 제거할 수 있으므로, 래핑과 CMP를 함께 사용하는 것이 더 바람직하다.

<76> 그 다음으로는, 위에서 평평하게 연마된 면 위에 감광재료를 소정의 두께로 다시 코팅하여 감광재료 코팅 레이어(6)를 형성한다(도 7). 이 공정은 앞서 도 3에 도시된 공정에서 감광재료를 코팅하는 것과 동일하게 이루어진다.

<77> 도 8에 도시된 공정에서는, 도 1의 두 번째 레이어(32)의 형상에 대응하는 공간(7)을 도 7에서 코팅된 감광재료 코팅 레이어에 패터닝을 통하여 형성한다. 이 과정은 상기 도 4에서 설명된 공정의 반복으로, 도 4에 도시된 공정에서 사용한 정렬 표지(align mark)(미도시)를 이용하여 정확히 정렬시켜 수행한다.

<78> 도 9에 도시된 공정에서는, 도 8에 도시된 공정에서 형성된 공간(7)에 도금을 하여 금속 레이어(8)를 형성한다. 이 과정은 상기 도 5에서 설명된 공정의 반복이다.

- <79> 도 10에 도시된 공정에서는, 도 9에 도시된 공정에서 도금된 면이 고르지 않은 부분을 래핑과 CMP를 이용하여 연마한다. 이 과정은 도 6에서 설명된 공정의 반복이다.
- <80> 도 11에서는 도 7 내지 도 10에서 설명한 공정을 도 1의 세 번째 레이어(33)에 대해 그대로 반복하여 수행함으로써, 도 1의 세 번째 레이어(33)에 해당하는 금속 레이어(10)를 형성한다. 반복 수행하는 과정 중, 도 5에 도시된 도금을 통하여 금속 레이어를 형성하는 공정에서는 필요에 따라 이전에 도금된 금속 재료와는 다른 금속 재료를 도금하여 금속 레이어별로 다른 금속으로 구성되도록 할 수 있다.
- <81> 도 12에서는 도 11의 공정에 이어서, 감광재료를 다시 코팅하여 감광재료 코팅 레이어(11)를 형성하고, 감광재료 코팅 레이어(11) 상에 도 1의 네 번째 레이어(34)에 해당하는 공간을 패터닝을 통해 형성한다.
- <82> 도 13에서는 도금 및 연마 공정을 수행하여 네 번째 레이어(34)에 대응되는 금속 레이어(12)를 형성한다.
- <83> 도 14에서는 실리콘 기판, 시드 레이어 및 감광재료를 모두 식각하고, 180도 회전시킴으로써, 도 1에 도시된 마이크로 채널의 형상을 금속 재료로 형성하는 본 발명에 따른 제작을 완료한다. 실리콘 기판은 수산화칼륨(KOH), TMAH (TetraMethylAmmonium Hydroxides) 등의 실리콘 식각액(etchant)에 넣고 중탕기 속에서 일정한 온도를 유지하여 일정 시간 이상 유지시킴으로써 제거한다. 시드 레이어는 해당 금속의 식각액으로 제거한다. 시드 레이어의 재료와 마이크로 채널의 재료는 각각 다른 금속 재료를 사용하여 금속 식각액이 선택적으로 식각 하도록 한다. 만약 시드 레이어를 구리로 사용하는 경우에는, 구리의 제거를 위해  $\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{O}=2:1$ 의 용액을 사용하여 제거한다. 그리고 감광재료는 감광재료용 리무버(remover)를 사용하여 각각 제거하는데, SU-8의 경우, 나노 리무버 피지(nano remover PG)라는 전용 리무버를 사용하기도 하고

실리콘 습식 식각 공정에서 수산화칼륨이나 TMAH를 사용하여 실리콘을 제거할 때 감광재료가 같이 제거되도록 하여도 무방하다.

<84> 도 15에는 지금까지 설명한 공정을 통해 제작된 마이크로 채널의 부분 사시도가 도시되어 있다.

<85> 도 16 내지 도 26에는 본 발명의 마이크로 부품의 제작방법에 따르면, 보다 복잡한 형상의 마이크로 부품을 제작할 수 있다는 것을 설명하기 위한 공정예를 설명하는 도면들이 도시되어 있다. 이하에서 설명될 실시예의 공정에서는, 도 1 내지 도 15에서 설명된 실시예의 공정에서와 달리, 레이어별로 분할된 상태에서, 하부의 레이어와 인접한 상부 레이어간에 직접 연결되지 않는 경우나, 연결되는 부분의 폭이 좁은 마이크로 부품의 경우에도 적용될 수 있다.

<86> 도 1 내지 도 6에서 설명한 공정은 이하에서 설명하는 실시예에서도 공통된다. 즉, 먼저, 제작하고자 하는 마이크로 부품을 수평면에 평행하게 적절한 개수의 레이어로 분할하고, 실리콘 기판(1)에 시드 레이어(2)를 형성하며, 상기 시드 레이어(2) 위에 감광재료 코팅 레이어(3)를 형성한다. 그 다음으로는, 패터닝(patterning)을 통해, 분할된 마이크로 부품의 레이어들 중에 상단부의 레이어에 해당하는 형상으로 상기 감광재료 코팅 레이어(3)에 공간(4)을 형성하고, 패터닝 공정을 통해 감광재료에 형성된 공간(4)에 도금(plating)을 통해 금속 레이어(5)를 형성한다. 그 다음으로는, 상기 도금 공정에서 도금이 이루어져 상기 감광재료 코팅 레이어(3)보다 높게 돌출된 부분을 연마하여 평평하게 한다.

<87> 그 다음으로는, 도 16에 도시된 것과 같이, 평평하게 연마된 면 위에 도금에 사용된 금속과 동일한 금속으로 중간 시드 레이어(27)를 고르게 증착 시킨다. 증착은 스퍼터링, 화학기상증착 및 이베퍼레이션 중의 어느 한 가지 방법에 의해 이루어 질 수 있다.

- <88> 위에서 고르게 형성된 상기 중간 시드 레이어(27) 위로 감광재료를 소정의 두께로 다시 코팅하여 감광재료 코팅 레이어(15)를 형성한다(도 17). 이 공정은 앞서 도 3에 도시된 공정에서 감광재료를 코팅하는 것과 동일하게 이루어진다.
- <89> 도 18에 도시된 공정에서는, 제작 대상이 되는 마이크로 부품의 분할된 레이어들 중 두 번째 레이어의 형상에 대응하는 공간(16)을 도 17의 공정에서 코팅된 감광재료 코팅 레이어(15)에 패터닝을 통하여 형성한다. 이 과정은 상기 도 4에서 설명된 공정을 패턴의 형태만 달리하여 반복하는 것으로, 도 4에 도시된 공정에서 사용한 정렬 표지(align mark)를 이용하여 정확히 정렬시켜 수행한다.
- <90> 도 19에 도시된 공정에서는, 도 18에 도시된 공정에서 형성된 공간(16)에 도금을 하여 금속레이어(17)를 형성한다. 이 과정은 상기 도 5에서 설명된 공정의 반복이다.
- <91> 도 20에 도시된 공정에서는, 도 19에 도시된 공정에서 도금된 면이 고르지 않은 부분을 래핑과 CMP를 이용하여 연마한다. 이 과정은 도 6에서 설명된 공정의 반복이다.
- <92> 도 21에서는 도 16 내지 도 20에서 설명한 공정을 순차적으로 반복 수행하여, 중간 시드 레이어(28), 감광재료 코팅 레이어(18) 및 금속 레이어(19)를 형성한다. 앞서 설명한 마이크로 채널의 실시예에서와 같이, 반복 수행하는 과정 중, 도 5에 도시된 도금을 통하여 금속 레이어를 형성하는 공정에서는 필요에 따라 이전에 도금된 금속 재료와는 다른 금속 재료를 도금하여 금속 레이어별로 다른 금속으로 구성되도록 할 수 있다.
- <93> 도 22에서는 도 21의 공정에 이어서, 감광재료를 다시 코팅하여 감광재료 코팅 레이어(20)를 형성하고, 감광재료 코팅 레이어(20) 상에 패터닝을 하여 마이크로 부품의 그 다음 레이어의 형상에 대응되는 공간(21)을 형성한다.



- <94> 도 23에서는 도금을 통해 상기 공간(21)을 채워 금속 레이어(22)를 형성하고, 연마 공정을 수행한다.
- <95> 도 24에는 도 23에서 실리콘 기판(1), 시드 레이어(2) 및 최하단의 감광재료 코팅 레이어(3)가 제거된 상태를 도시한 도면이 도시되어 있다.
- <96> 도 24에서는 실리콘 기판, 시드 레이어 및 감광재료를 식각한다. 도 14에서 설명한 것과 동일한 방법으로, 실리콘 기판은 수산화칼륨, TMAH 등의 실리콘 식각액으로, 시드 레이어는 해당 금속의 식각액으로, 그리고 감광재료는 감광재료용 전용 리무버를 사용하거나, 실리콘 습식 식각 공정에서 수산화칼륨 또는 TMAH를 사용하여 실리콘을 제거할 때 감광재료가 같이 제거되도록 한다.
- <97> 앞서 설명한 마이크로 채널을 형성하는 공정에서와 달리, 본 실시예에서는 전기도금에 의해 형성되는 각 금속 레이어들 사이에 중간 시드 레이어를 더 형성하는데, 이 중간 시드 레이어들은 각 금속 레이어들과 재질은 동일한 금속으로 형성되지만, 두께는 크게 차이가 있다. 즉, 금속 레이어들은 약 200 내지 300 $\mu\text{m}$ 의 두께로 형성되는데 비하여, 상기 중간 시드 레이어들은 약 5000Å 가량의 두께로 형성된다. 상기 중간 시드 레이어들은, 각 금속 레이어간에 지속적으로 연결되지 않는 경우나, 인접한 상하 레이어간의 연결부분의 폭이 좁은 경우에도, 상기 중간 시드 레이어가 존재하여 도금이 원하는 폭으로 이루어질 수 있도록 돕는다. 한편, 원하는 형상의 도금이 모두 완료되는 시점에는 상기 중간 시드 레이어는 해당 금속의 식각액에 수초 정도의 짧은 시간동안 담금으로써 금속 레이어를 손상시키지 않고 제거될 수 있다.
- <98> 도 24에 도시된 상태에서, 식각액에 수초간 담금으로써 중간 시드 레이어(27)를 제거한다. 그 다음 감광재료용 리무버(remover)나 KOH, TMAH를 사용하여 다시 감광재료 코팅 레이어(15)를 제거한 상태를 설명하는 도면이 도 25에 도시되어 있다. 즉, 앞서 설명한 마이크로 채널

널의 제작 공정에서와 달리, 감광재료 코팅 레이어와 중간 시드 레이어를 순차적으로 하나씩 제거해 준다.

<99> 이상의 공정을 거쳐 도 26에 도시된 것과 같은 단면을 가지는 마이크로 부품을 제작할 수 있다.

<100> 이상에서는 단면이 일정한 형상의 마이크로 부품을 제작하는 공정에 대해서만 설명하였다. 그러나, 본 발명에 따른 방법을 적용하는 경우, 예를 들어, 구형의 부품, H 빔 형상의 부품, 아령 모양의 부품 등의 제작도 가능하다는 것을 알 수 있다. 또한, 이를 보다 확장하여 임의의 3차원 형상의 고종횡비의 부품을 제작할 수 있다는 것을 알 수 있다.

<101> 한편, 본 발명에 따른 방법을 적용하여 마이크로 부품을 레이어별로 분할하여 적층하면서 제작할 때, 각 레이어의 측면이 수직이 아닌 소정의 경사를 가지는 경우가 있을 수 있다. 이하에서는 측면에 경사가 형성된 마이크로 부품을 제작하기 위한 본 발명의 다른 실시예를 설명한다.

<102> 도 27 내지 도 40에는 본 발명에 따라 측면에 경사가 형성된 마이크로 부품을 제작하는 방법을 설명하는 도면이 도시되어 있다. 여기에 도시된 공정 중, 금속 레이어의 측면면에 경사가 형성되도록 하는 노광에너지 조절에 의한 패터닝 공정을 제외하고는 이전에 설명한 공정에서 사용된 방법들이 그대로 적용된다. 따라서, 공통되는 공정의 상세한 설명은 생략한다.

<103> 도 1 내지 도 3에서 설명한 공정은 이하에서 설명하는 실시예에서도 공통된다. 즉, 먼저 제작하고자 하는 부품을 레이어별로 가상으로 분할한다. 그 다음, 실리콘 기판(1)에 시드 레이어(2)를 형성하고, 그 위에 감광재료 코팅 레이어(3)를 형성한다.



<104> 도 27에 도시된 것과 같이, 감광재료 코팅 레이어(3) 상에 패터닝하는 과정에서, 마스크(40)를 설치하고 노광시킬 때, 노광에너지(expose energy)를 일정량 이상으로 높게 가해주면, 마스크(40) 아래에 놓이는 감광재료 코팅 레이어(3) 부분까지 노광될 수 있다. 즉, 광량이 많은 경우(overexpose), 화살표로 표시된 것과 같이, 마스크 하부에 있는 감광재료 코팅 레이어(3) 부분도 노광되게 된다. 이러한 과정을 거쳐 패터닝을 수행한 후에 형성된 구조가 도 28 도시되어 있다. SU-8 계열의 감광재료의 경우, 네거티브 타입의 포토레지스트이기 때문에 노광된 부분이 남고, 노광되지 않은 부분이 식각된다. 따라서, 빛을 거의 받지 않는 마스크(40) 바로 아래의 감광재료는 모두 식각되고, 하부로 내려갈수록 노광이 이루어져 식각되는 부분의 면적이 줄어들게 된다. 이러한 효과를 이용하여 소정의 경사면이 형성된 공간(41)을 감광재료 코팅 레이어(3)에 만든다.

<105> 도 28의 공정에서 형성된 공간에 도금을 통해 금속을 채움으로써 금속 레이어(42)를 형성한다(도 29). 앞서 설명한 공정들에서와 마찬가지로 도금 후 상방향으로 돌출된 도금 면을 평평하게 연마한다(도 30). 연마된 면 위에 중간 시드 레이어(43)를 형성한다(도 31). 앞서 설명한 것과 같이, 도금되는 금속과 동일한 재질을 사용하는 것이 바람직하다. 상기 중간 시드 레이어(43) 상에 다시 감광재료 코팅 레이어(44)를 형성한다(도 32). 여기에 패터닝을 통하여 측벽면이 수직한 공간(45)을 형성한다(도 33). 상기 공간(45)에 도금을 통해 금속을 채움으로써 금속 레이어(46)를 형성한다(도 34). 상기 금속 레이어의 상면을 연마하고(도 35), 그 위에 다시 감광재료 코팅 레이어(47)를 형성한다(도 36). 상기 감광재료 코팅 레이어(47) 상에 마스크(40)를 위치시키고, 일정 수준 이하의 작은 노광 에너지를 가진 빛을 비춤으로써 마스크(40)에 가까운 부분일수록 노광되는 깊이가 얕아지게 한다(도 37). 이와 같이 마스크(40) 주위 부분의 노광 깊이를 조절하여주면 마스크가 위치하였던 주변 부분에 형성된 패턴의 측벽면에





도 38에 도시된 것과 같은 경사가 형성된 공간(48)을 얻을 수 있다. 상기 공간(48)에 도금을 통해 금속을 채워서 금속 레이어(49)를 형성한다(도 39). 여기에 연마 공정을 거치고, 실리콘 기판(1), 시드 레이어(2), 감광재료 코팅 레이어(3, 44, 47) 및 중간 시드 레이어(43)를 식각하여 제거하는 공정을 거치면, 도 40에 도시된 것과 같은 형상의 마이크로 부품을 제작할 수 있다.

<106>        이상에서 설명한 노광에너지의 양을 조절하는 방법을 적용함으로써, 측벽면에 경사가 형성된 부품도 자유롭게 제작할 수 있다.

<107>        도 41에는 이상에서 설명한 본 발명에 따른 고종횡비 3차원 마이크로 부품의 대량 생산 방법을 요약 설명하는 순서도가 도시되어 있다.

<108>        도 41에 도시된 것과 같이, 본 발명에 따른 고종횡비 3차원 마이크로 부품의 대량 생산 방법은, 제작하고자하는 마이크로 구조물을  $n$ 개의 레이어로 분할하는 단계(S1), 임의의 양의 정수 상수  $k$ 를 0으로 세팅하는 단계(S2),  $k$ 에 1을 더하여 새로운  $k$ 값으로 저장하는 단계(S3), 기판에 시드 레이어를 형성하는 단계(S4), 시드 레이어 위에 감광재료를 소정의 두께로 코팅하는 단계(S5), 패터닝을 통해 감광재료 코팅에 금속 레이어용 공간을 형성하는 단계(S6), 도금으로 금속 레이어를 형성하는 단계(S7), 금속 레이어와 감광재료 코팅면을 연마하는 단계(S8),  $k$ 번째 금속 레이어와  $k+1$ 번째 금속 레이어의 폭이 다르거나 배치된 위치가 다른지 확인하는 단계(S9), 상기 단계(S9)에서  $k$ 번째 금속 레이어와  $k+1$ 번째 금속 레이어의 폭이 일정하지 않거나 배치된 위치가 다른 경우, 연마된 면 위에 중간 시드 레이어를 도금으로 형성하는 단계(S13), 연마된 면 위에 감광재료를 코팅하는 단계(S10),  $k$ 가  $n$ 과 같은지 확인하여,  $k$ 가  $n$ 과 같지 않은 경우 상기 단계(S3)로 되돌아가 그 이하의 단계들을 반복 수행하는 단계(S11),  $k$ 가  $n$ 과 같은



경우 기판, 감광재료 및 시드 레이어를 식각하여 제거하여 원하는 마이크로 부품의 제작을 완료하는 단계(S12)로 구성된다.

### 【발명의 효과】

- <109>       이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 의하면, 종래에 MEMS나, LIGA 기술에서 해내지 못한 금속 재료를 이용한 고종횡비 3차원 마이크로 부품의 제작이 가능하다.
- <110>       특히, 복잡한 형상의 마이크로 부품이라도, 레이어별로 분할하고 각 레이어별로 적층하는 방식으로 제작함으로써, 어떠한 형상이라도 본 발명에 따른 방법에 의해서 제작이 가능하다.
- <111>       이상에서는 본 발명의 특정의 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 또한 설명하였다. 그러나, 본 발명은 상술한 실시예에 한정되지 아니하며, 특허청구의 범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형실시가 가능할 것이다.

**【특허청구범위】****【청구항 1】**

제작하고자 하는 3차원 형상의 마이크로 부품을 소정 개수의 레이어로 가상적으로 분할하는 단계(a);

기판에 시드 레이어를 형성하는 단계(b);

상기 시드 레이어 위에 감광재료를 소정의 두께로 코팅하여 감광재료 코팅 레이어를 형성하는 단계(c);

패터닝을 통해, 상기 단계(a)에서 분할된 마이크로 부품의 레이어 형상에 해당하는 도금용 공간을 상기 감광재료 코팅 레이어에 형성하는 단계(d);

상기 도금용 공간에 도금을 통해 금속을 채워서 금속 레이어를 형성하는 단계(e);

상기 금속 레이어와 상기 감광재료 코팅 레이어의 상면을 평평하게 연마하는 단계(f);

상기 단계(f)에서 평평하게 연마된 면 위에 감광재료를 소정의 두께로 코팅하여 감광재료 코팅 레이어를 다시 형성하는 단계(h);

상기 단계(a)에서 분할된 레이어별로 상기 단계(d) 내지 상기 단계(h)를 반복하여 분할된 레이어에 대응하는 금속 레이어를 적층하면서 형성하는 단계(i); 및

상기 단계(i)가 종료된 후, 기판, 감광재료 코팅 및 시드 레이어를 식각하여 제거하여 마이크로 부품을 얻는 단계(j)를 포함하는 것을 특징으로 하는 고종횡비 3차원 마이크로 부품의 대량 생산 방법.

**【청구항 2】**

제1항에 있어서, 상기 단계(f) 및 상기 단계(h) 사이에는, 감광재료 코팅 레이어가 다시 형성되기 전에, 평평하게 연마된 면 위에 상기 금속 레이어보다 얇은 두께의 중간 시드 레이어를 형성하는 단계(g)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 고종횡비 3차원 마이크로 부품의 대량 생산 방법.

**【청구항 3】**

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 단계(a)는 마이크로 부품을 수평으로 분할하는 것을 특징으로 하는 고종횡비 3차원 마이크로 부품의 대량 생산 방법.

**【청구항 4】**

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 단계(b)의 상기 기판은 실리콘 단결정으로 만들어지고, 상기 시드 레이어는 전도성을 가지는 재료로 이루어지며, 상기 시드 레이어는 스퍼터링, 화학기상증착 및 이베퍼레이션의 방법 중의 한 가지 방법에 의해 상기 기판 상에 형성되는 것을 특징으로 하는 고종횡비 3차원 마이크로 부품의 대량 생산 방법.

**【청구항 5】**

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 단계(c) 및 단계(f)의 상기 감광재료는, 점성이 큰 감광재료를 사용하여 200 내지 300 $\mu$ m의 두께로 감광재료 코팅 레이어를 형성하는 것을 특징으로

하는 고종횡비 3차원 마이크로 부품의 대량 생산 방법.

【청구항 6】

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 단계(d)는 상기 자외선 계열의 광원, X선 계열의 광원 및 레이저 중의 어느 한 가지 광원을 사용하는 것을 특징으로 하는 고종횡비 3차원 마이크로 부품의 대량 생산 방법.

【청구항 7】

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 단계(d)는 패터닝 과정에서 노광에너지의 양을 조절하여 마스크에 의해 빛이 비춰지지 않는 감광재료 부분과 노광되는 감광재료 부분의 경계지역에 소정의 경사를 가지면서 노광되도록 하고, 그럼으로써 감광재료 코팅 레이어 상에 형성되는 패턴의 측벽면에 소정의 경사가 형성되도록 하는 것을 특징으로 하는 고종횡비 3차원 마이크로 부품의 대량 생산 방법.

【청구항 8】

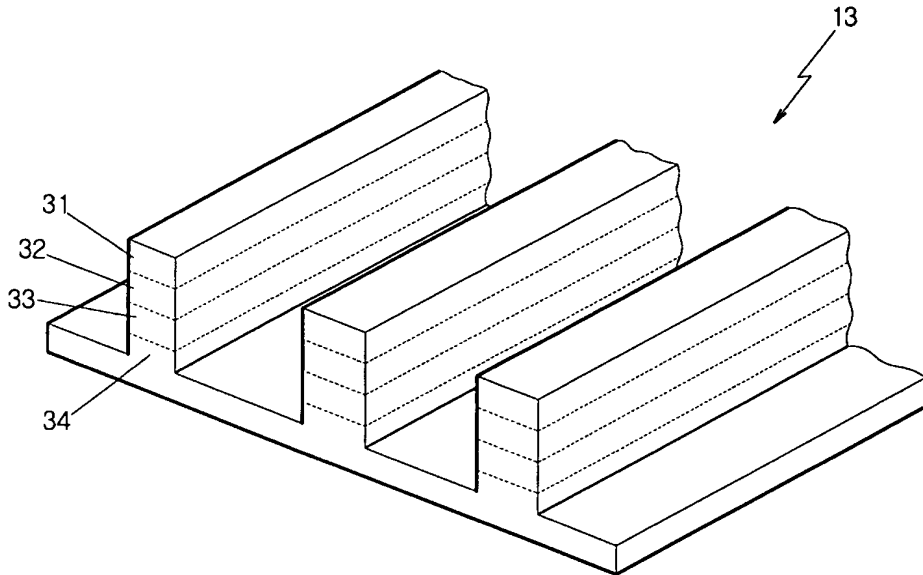
제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 단계(f)는 래핑 또는 CMP에 의해 이루어지는 것을 특징으로 하는 고종횡비 3차원 마이크로 부품의 대량 생산 방법.

## 【청구항 9】

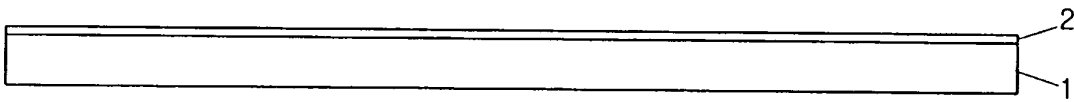
제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 단계(i)는, 반복 수행하는 과정 중, 차례로 적층되는 금속 레이어별로 서로 다른 금속 재료를 사용하여 상기 단계(e)의 도금 공정을 수행하는 것을 특징으로 하는 고종횡비 3차원 마이크로 부품의 대량 생산 방법.

【도면】

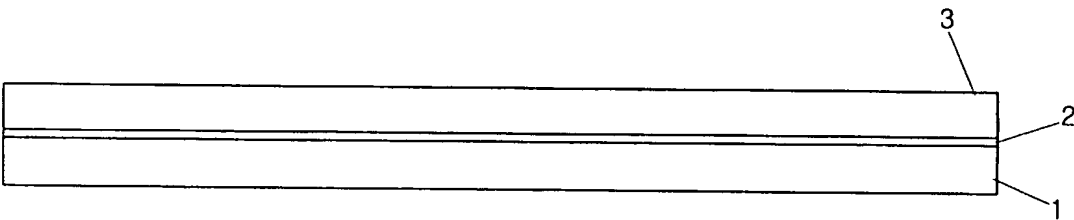
【도 1】



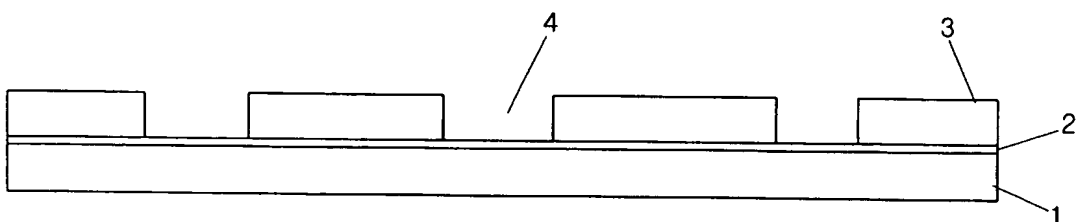
【도 2】



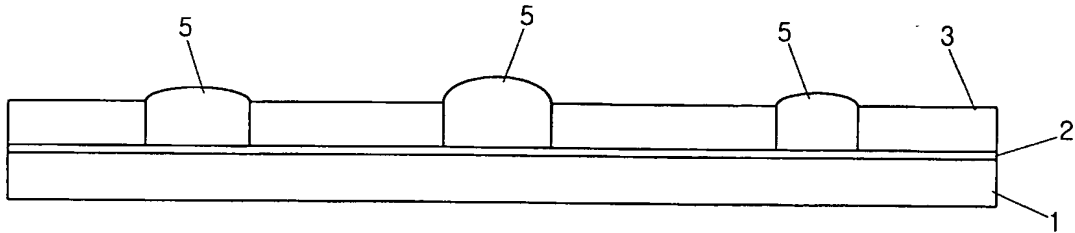
【도 3】



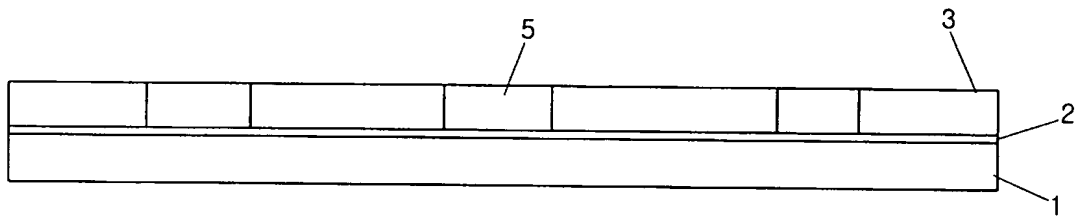
【도 4】



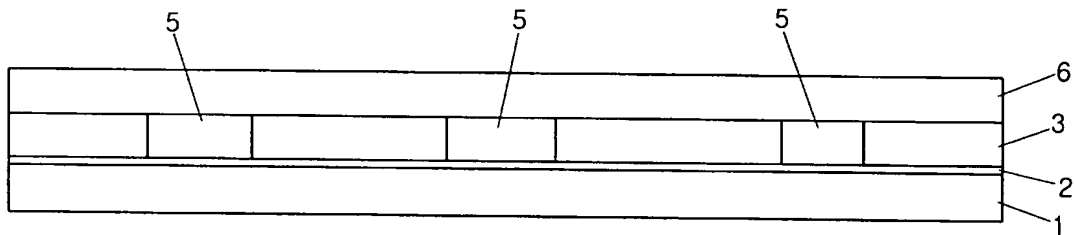
【도 5】



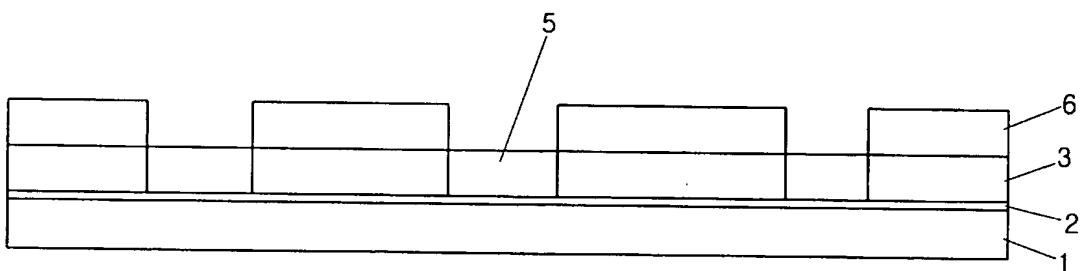
【도 6】



【도 7】

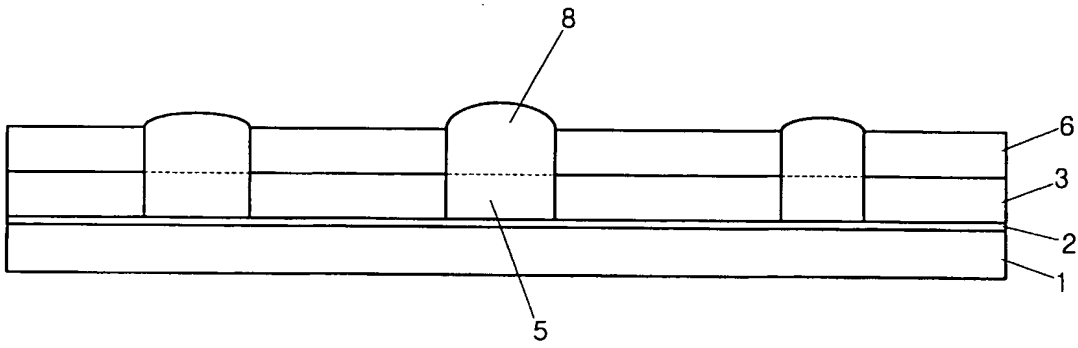


【도 8】

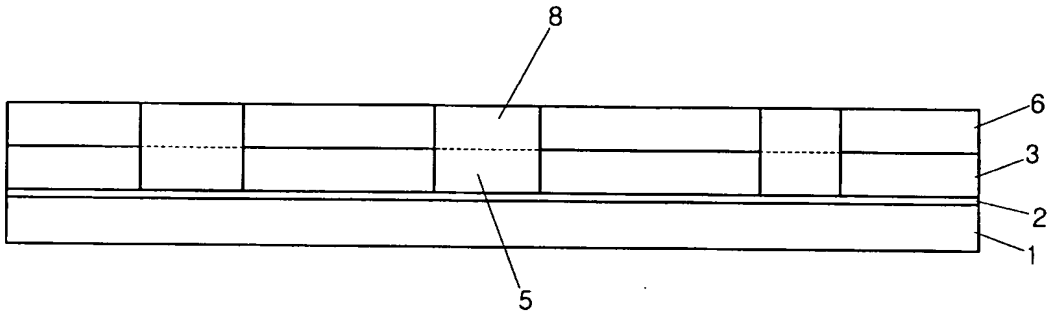




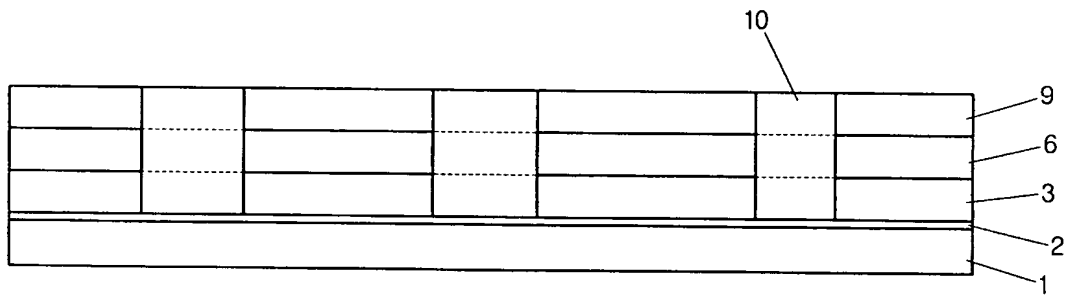
【도 9】



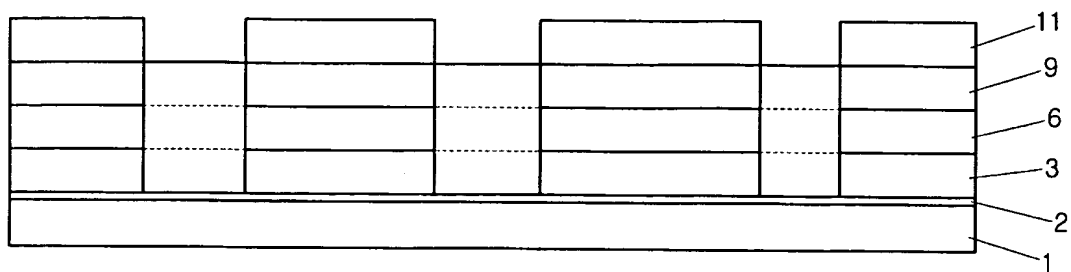
【도 10】



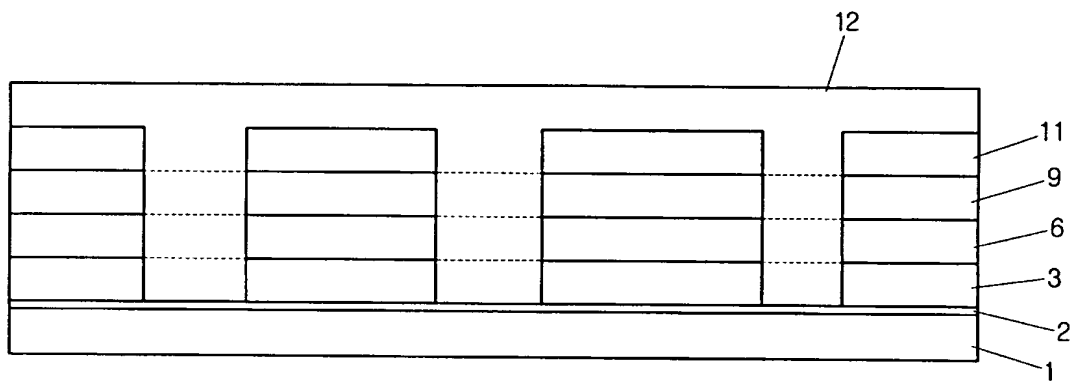
【도 11】



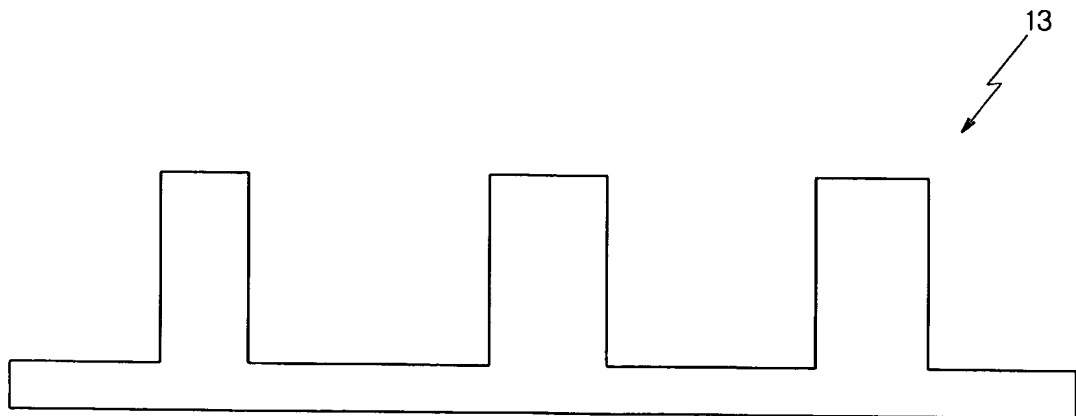
【도 12】



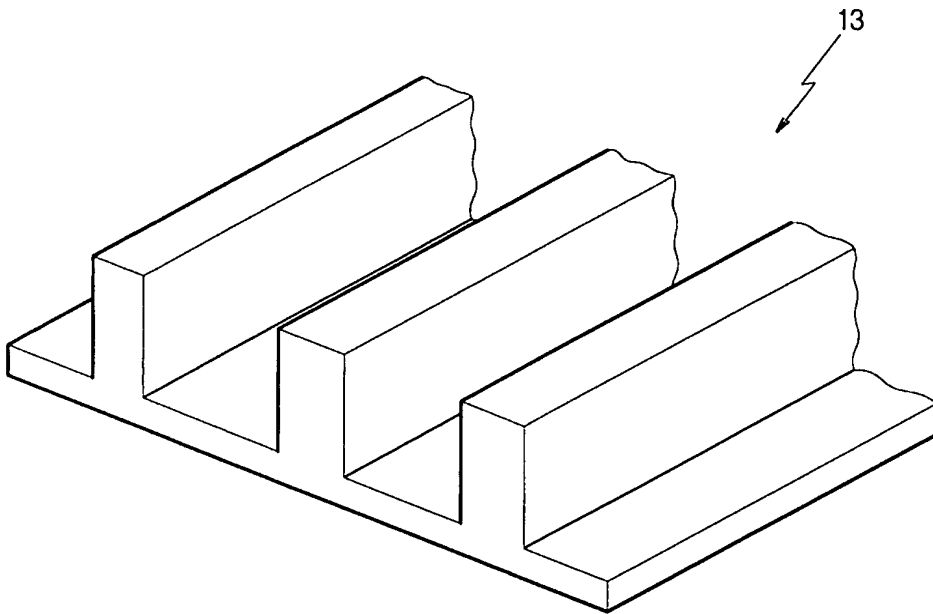
【도 13】



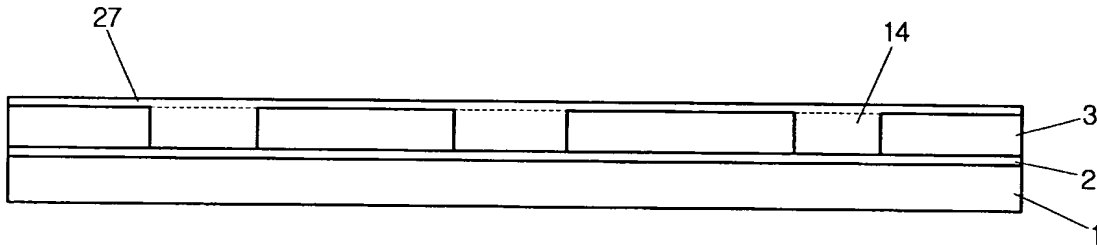
【도 14】



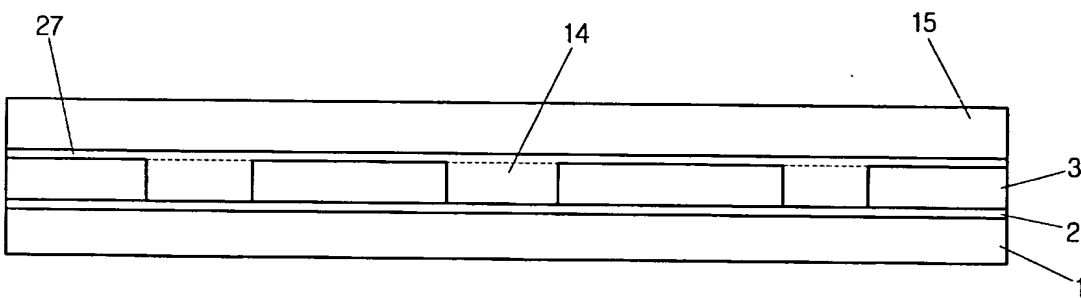
【도 15】



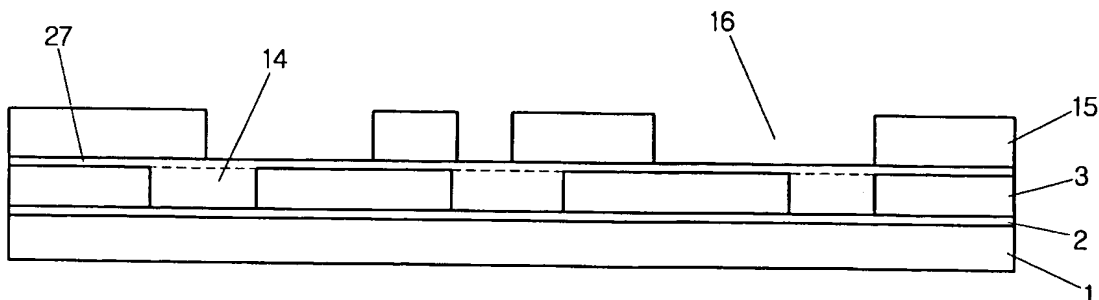
【도 16】



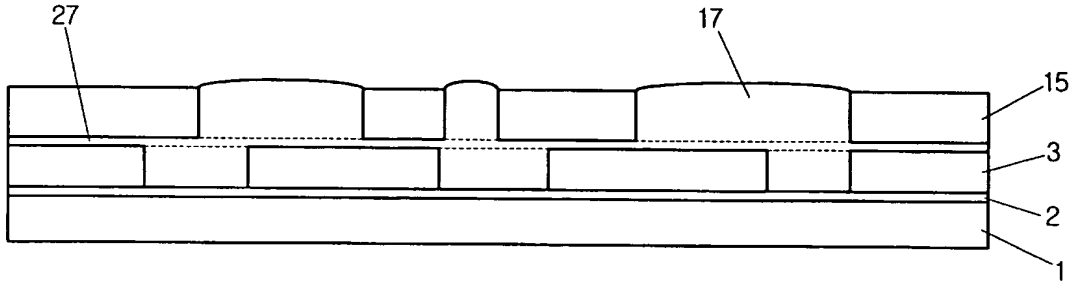
【도 17】



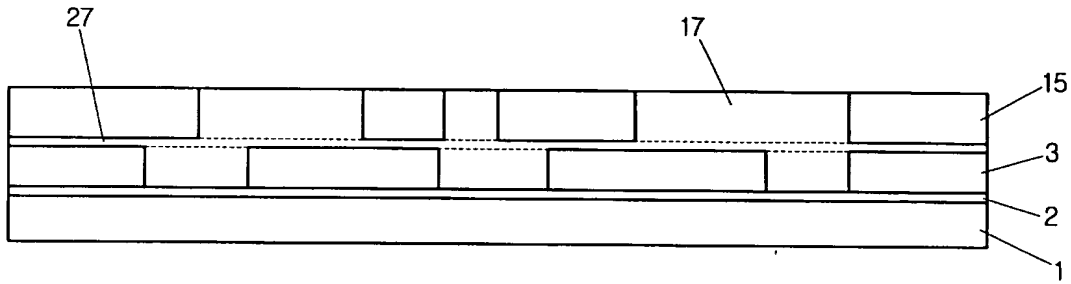
【도 18】



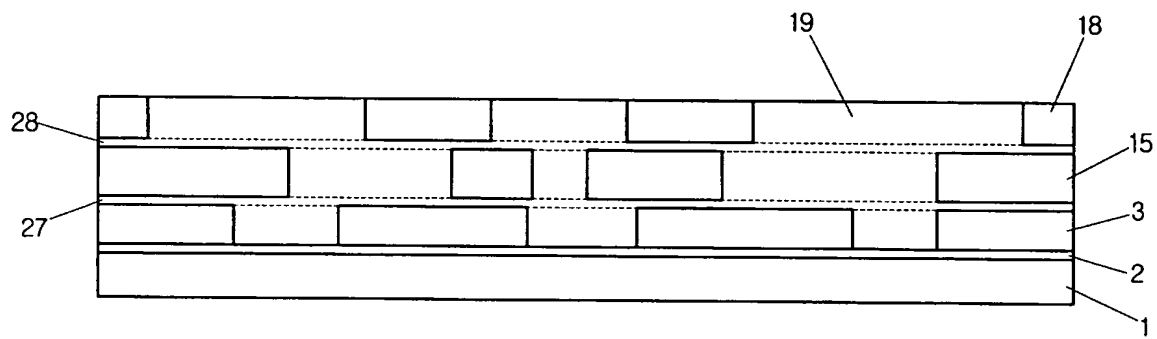
【도 19】



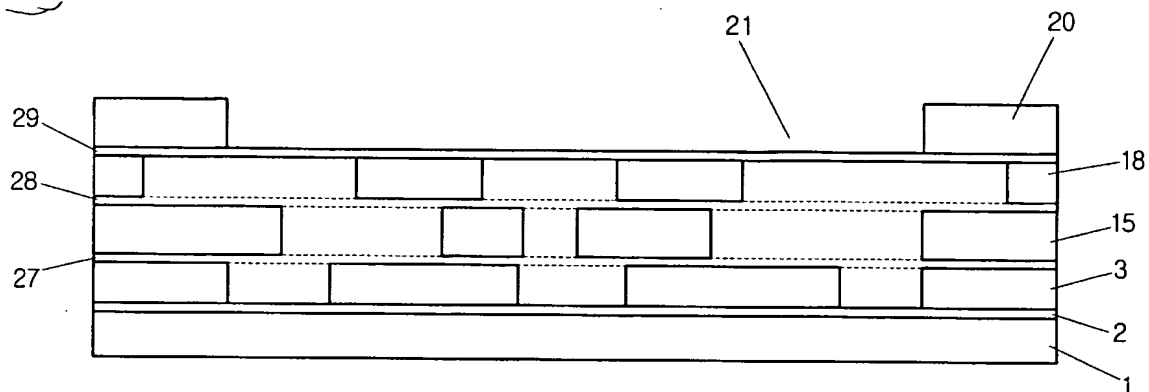
【도 20】



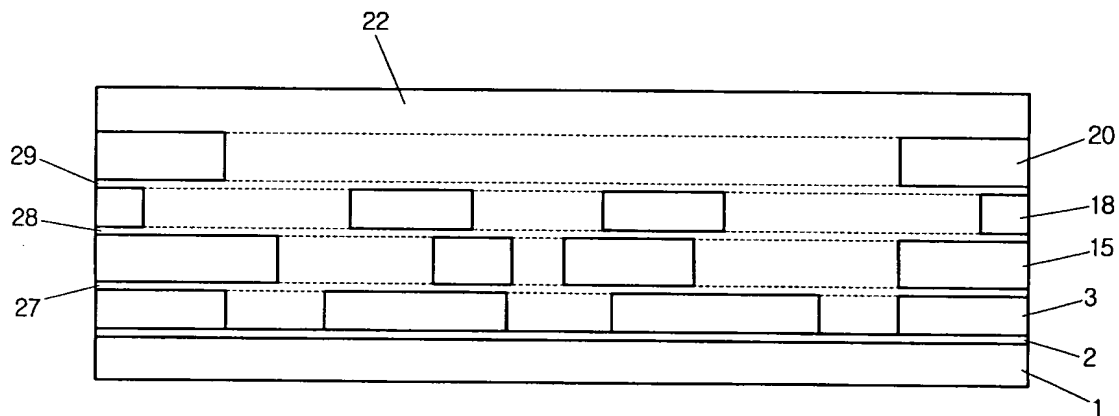
【도 21】



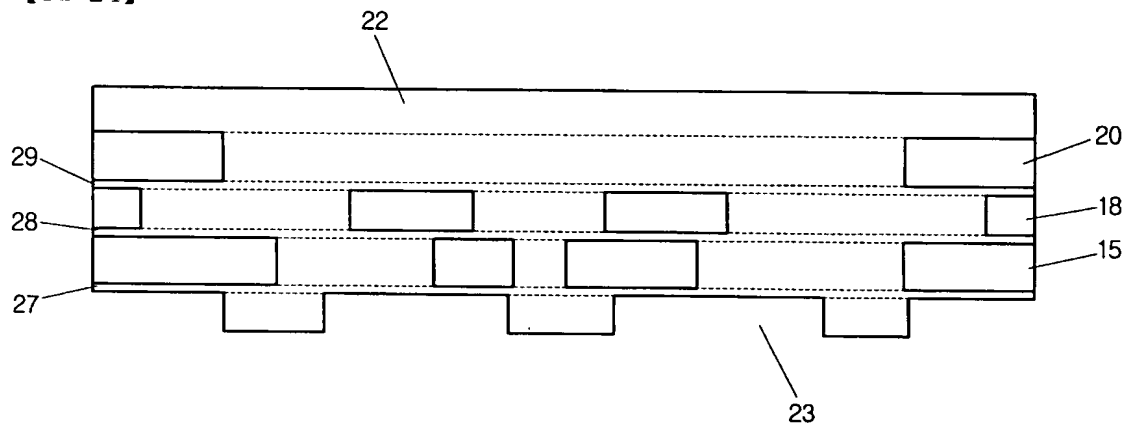
【도 22】



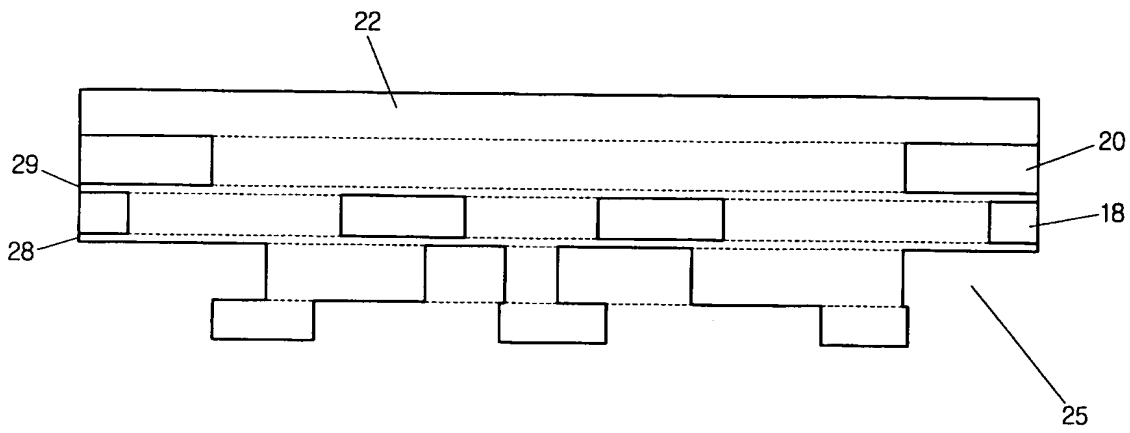
【도 23】



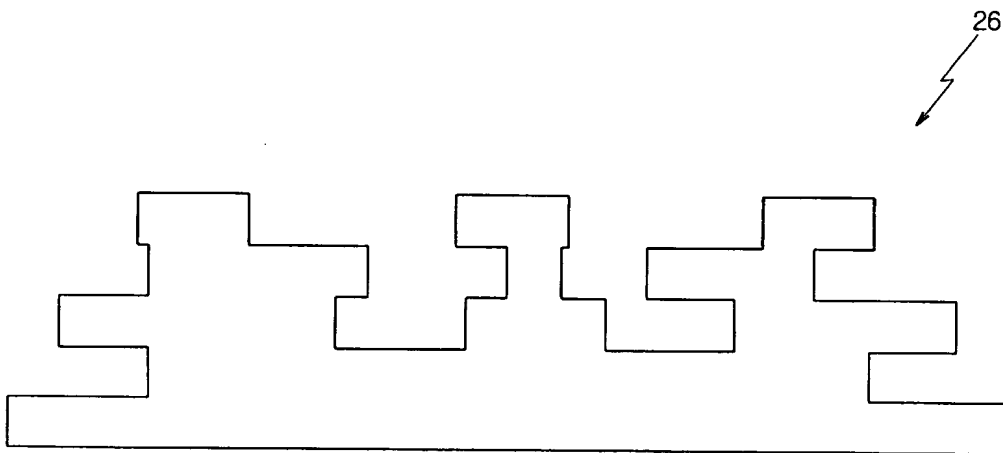
【도 24】



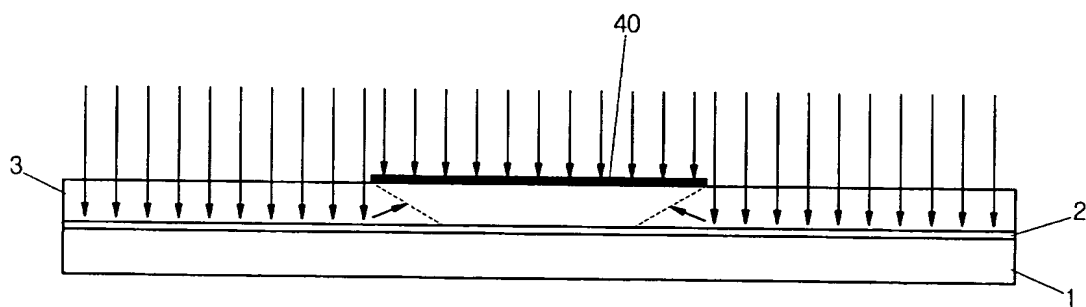
【도 25】



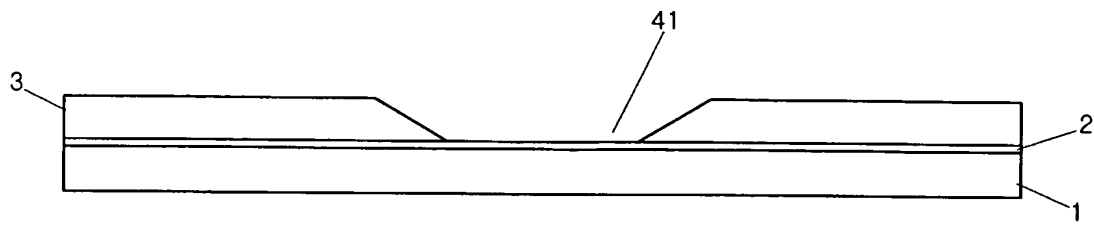
【도 26】



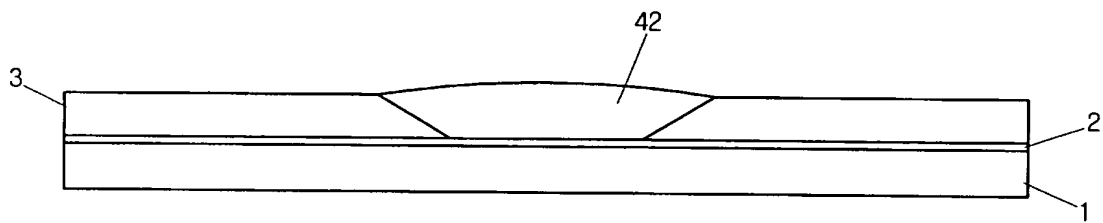
【도 27】



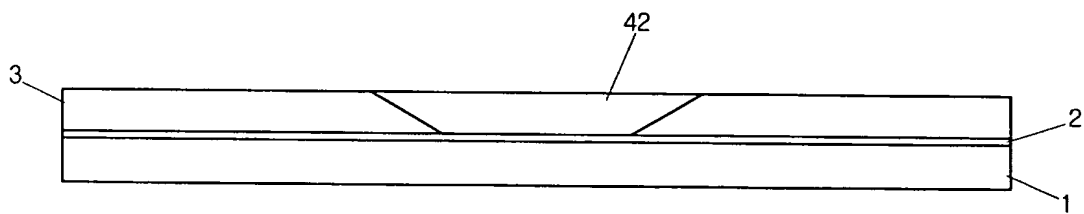
【도 28】



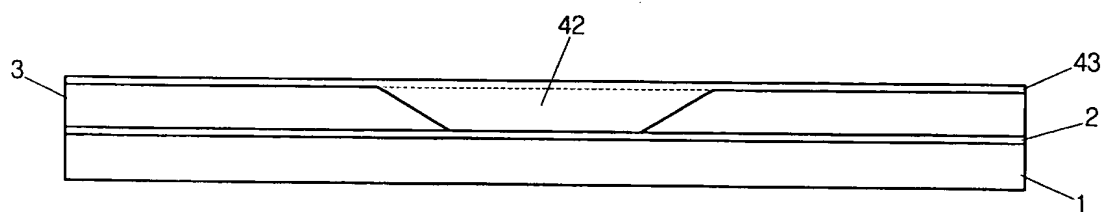
【도 29】



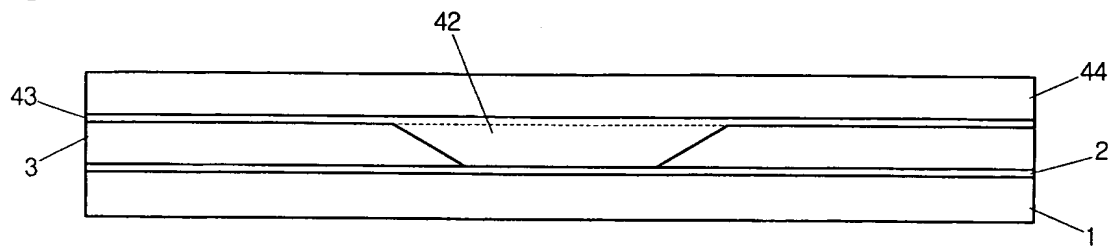
【도 30】



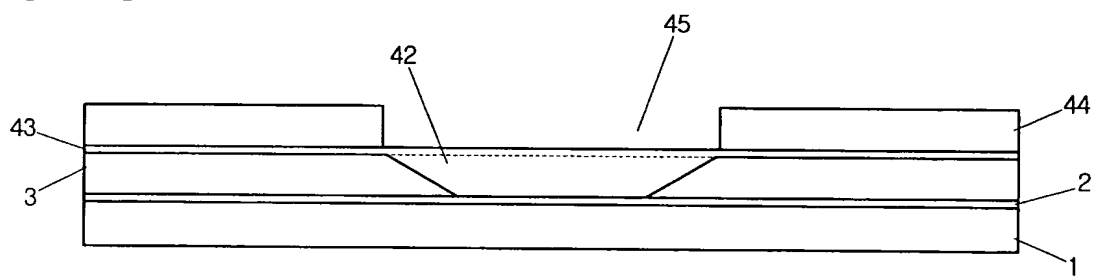
【도 31】



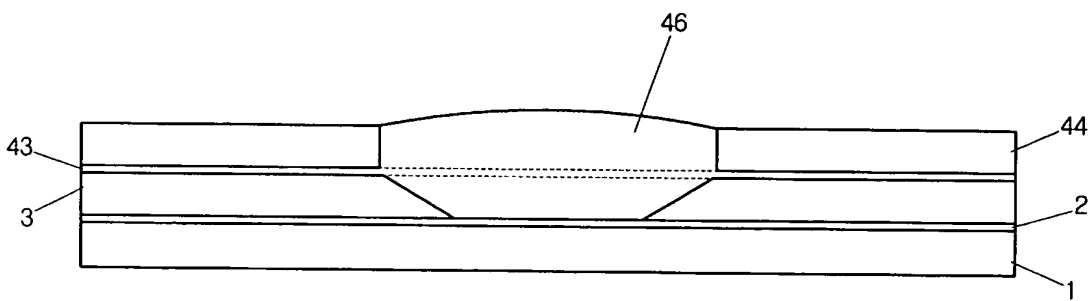
【도 32】



【도 33】



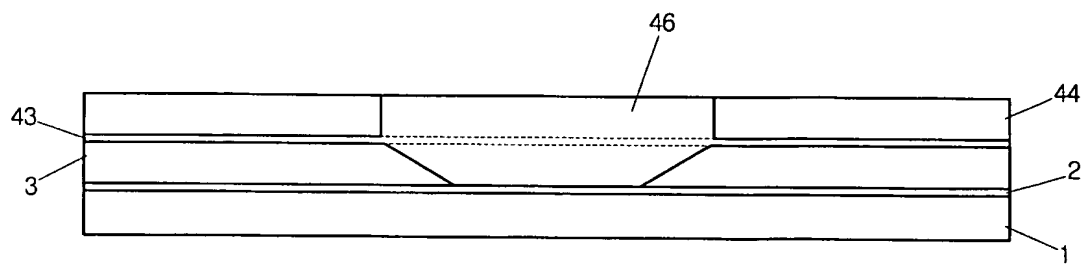
【도 34】



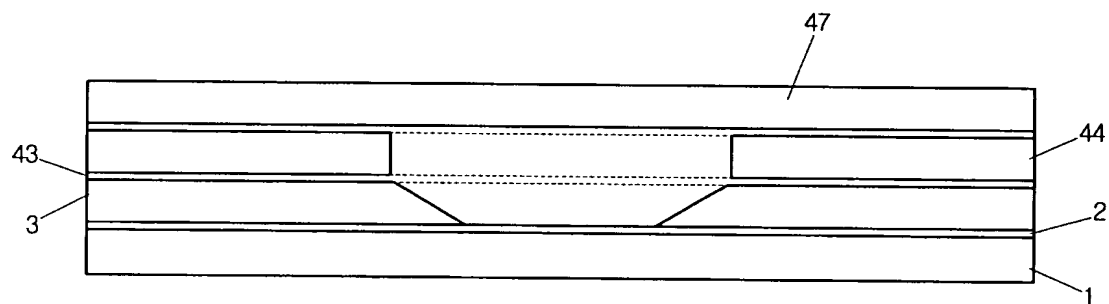




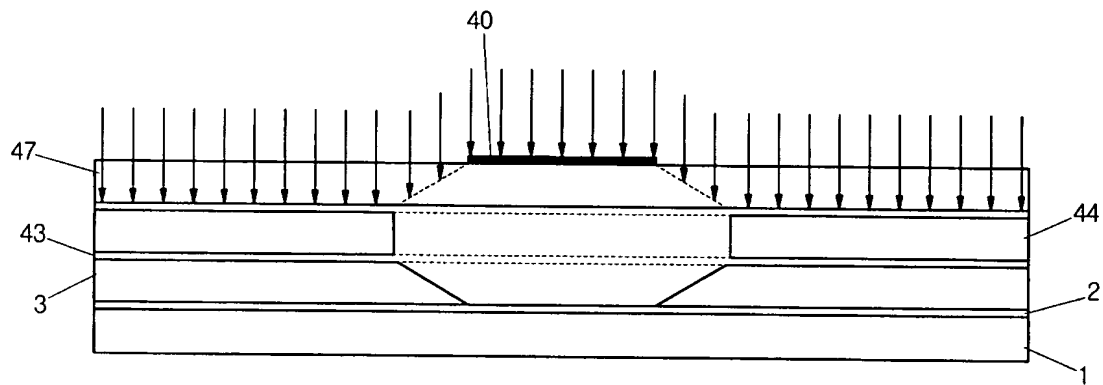
【도 35】



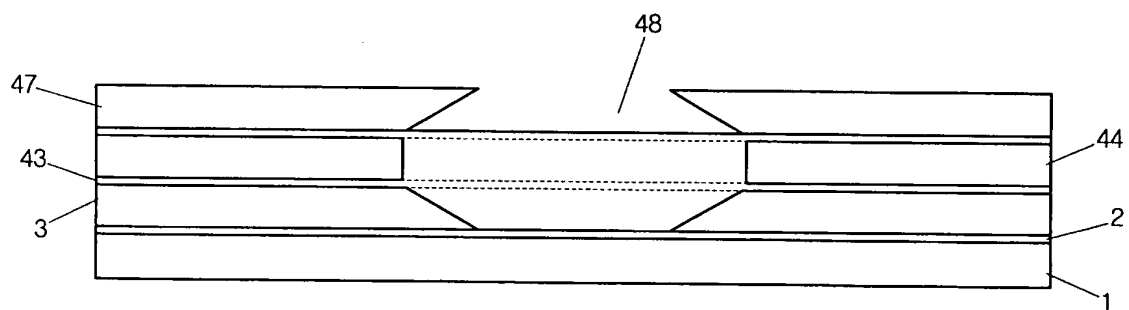
【도 36】



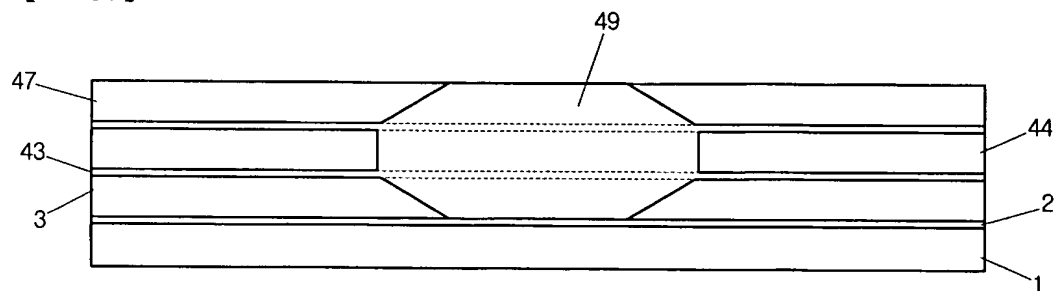
【도 37】



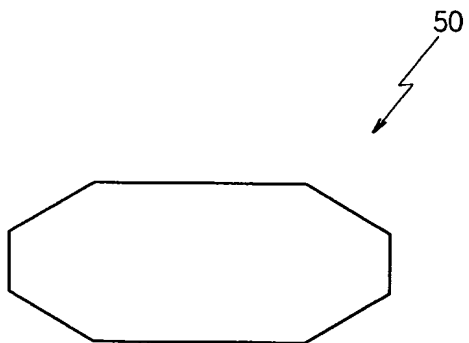
【도 38】



【도 39】



【도 40】



【도 41】

